

**Fabrication de la grenaille de plomb versus la grenaille d'acier
et autres substituts**



Grenailles et chevrotines

Fabrication de la grenaille de plomb :

Il existe trois méthodes de fabrication de la grenaille de plomb : à la tour, la technique Bleimeister et par estampage.

Les deux premières méthodes sont utilisées pour la fabrication de grenailles de plomb inférieures à 3,75 mm de diamètre. La méthode par estampage/matriçage est exclusivement utilisée pour la fabrication de chevrotines (grenaille de plomb d'un diamètre ≥ 4 mm jusqu'à 9,5 mm), ainsi que les projectiles pour armes à air comprimé.

Les deux méthodes de la tour et Bleimeister consistent à faire couler du plomb en fusion, issu de lingot, à travers une plaque perforée pour former des gouttes qui vont chuter de façon gravitationnelle d'une certaine hauteur et pour être ensuite recueillies et refroidies dans un bain d'eau froide.

Cette technique relativement simple utilise les lois physiques élémentaires qui permettent à un métal en fusion de se refroidir lentement dans l'air lors de sa chute et de passer de sa forme primitive de larme à la sortie du tamis à une sphère. Le métal se refroidissant lentement lors de chute forme alors une sphère.



Tour à plomb

La technique de la tour est la méthode permettant d'obtenir les meilleures grenailles, et plus la tour est haute, plus la distance de chute est élevée, plus les billes sont sphériques et gage de qualité et de régularité. Les tours peuvent aller jusqu'à 60-65 m de haut pour certains fabricants. Les lingots de plomb en général de 25/30 kg sont acheminés par ascenseur en haut de la tour pour être ensuite mis dans un four de fusion. Le plomb en fusion est ensuite canalisé dans le tamis de chute pour former les gouttes avant leur chute libre.

Une fois les billes tombées dans le bac d'eau froide, les billes sont récupérées par un système de godets/noria/vis sans fin pour les acheminer à une station de criblage pour trier les différents

diamètres. Une première étape consiste à faire chuter les billes sur une surface inclinée en cascade de plaques de verre à plusieurs étages. Cette étape utilise les lois physiques qui permettent de trier les billes non sphériques ou malformées. Les billes sphériques roulant de façon droite et linéaire jusqu'en bas de la cascade alors que les billes malformées dévient de façon latérale et sont récupérées dans une goulotte, pour être recyclées. Ensuite les billes conformes sont triées par un système de criblage par tambours percés au diamètre souhaité. Les billes durant cette étape sont soupoudrées de graphite et ensuite directement conditionnées en big-bag ou container en général d'une tonne.

Une tour permet la fabrication d'environ 2 000 tonnes par mois.

La méthode Bleimeister utilise le même principe mais consiste en une machine compacte et très basse de 5-6 m de hauteur. La productivité est moindre et requière plus de technicité et génère beaucoup plus de rebuts. Cette méthode nécessite également une qualité irréprochable en termes de pureté de lingot plomb. L'avantage de ce système est la compacité et ne nécessite pas une grosse installation, mais est plus chère en termes d'exploitation. Cette méthode ne permet pas de faire de gros diamètre et est surtout utilisée pour les plombs de tir (2,25 et 2,50 mm).

Méthode par estampage et matricage :

<https://youtu.be/HIT-tuwiJlQ>

Les chevrotines, les projectiles pour carabines à air comprimé et les noyaux pour balle pour canons rayés sont fabriqués par estampage en partant d'un fil de plomb.

Au préalable il faut obtenir un fil de plomb de diamètre variable en fonction du projectile souhaité.

<https://youtu.be/x3jmeFpTwio>

<https://youtu.be/naTs7DZmN5o>

Cette étape consiste à extruder du plomb par presse hydraulique en partant d'un billet cylindrique de plomb. Le plomb ainsi extrudé est ensuite enroulé sous forme de bobines. Les bobines sont ensuite acheminées vers les machines d'estampage.

Tous les noyaux de balles notamment nécessaires à la fabrication des projectiles pour les forces armées et du maintien de l'ordre sont issus de cette technologie.

Le fil passe alors entre deux roues matrices qui forment par pression à froid la bille, ou le diabolito. Les chevrotines sont ensuite ébavurées par friction dans un tambour rotatif car la presse forme une petite ceinture d'excès de plomb au niveau de l'hémisphère de la bille.

De nouveau, les billes sont ensuite criblées pour trier les diamètres.

Les trois méthodes génèrent un taux de rebuts relativement important mais ce rebuts est immédiatement réutilisé et recyclé dans une nouvelle fusion, générant in fine quasiment aucun rebuts de plomb.

Les étapes de fabrication sont en général complètement intégrées, nécessitant peu d'intermédiaires hormis la fourniture de lingot de plomb et d'antimoine. Ces méthodes éprouvées restent simples à mettre en œuvre et sont parfaitement maîtrisées.

L'empreinte carbone

La fusion du plomb se faisant à 327°C, nécessite une consommation d'énergie (four à gaz) relativement faible par rapport à l'énergie nécessaire à la fabrication de l'acier sur toute sa chaîne du minerai à l'acier fini comme matière première (fusion du fer environ 1500°C).

De même le plomb utilisé sous forme de lingot par les fabricants de grenailles est issu à 100 % du recyclage du plomb principalement des batteries automobiles, mais aussi des conduites en plomb et des projectiles récupérés sur les champs et stands de tir. Les fabricants européens de grenailles de plomb se fournissent en lingot de façon locale au travers de recycleurs de métaux et principalement ceux recyclant les batteries, limitant ainsi les transports longs et coûteux du fait du poids.

Certains fabricants étant complètement intégrés avec des unités de concassage de batteries et de raffinage du plomb pour le transformer en lingot épuré et prêt à l'emploi.

La quasi majorité des fabricants de cartouches européens se fournissent localement ou en Europe (UK, Espagne, Italie, Turquie) auprès de fabricants de grenailles locaux utilisant des lingots sourcés localement issus du recyclage des batteries.

Fabrication de la grenaille d'acier (fer doux).

Vidéos Bing

La méthode de fabrication traditionnelle de la grenaille dite d'acier est différente et nécessite beaucoup plus de technicités, de machines, de technologies, d'intermédiaires et à une productivité moindre et nécessite beaucoup de main d'œuvre et temps machine.

La méthode consiste à partir d'un fil de fer bas carbone obtenu par tréfilage. Ce fil est sourcé en général auprès de grands groupes sidérurgiques, mais principalement auprès de fournisseurs chinois.

Le fil de fer doux bas carbone est calibré au départ en fonction du diamètre de billes souhaité. Les bobines sont dévidées et passent par une première étape de découpe à froid en forme de bâtonnets.

En fait, suite au matriçage, l'ébauche comprend une collerette et deux saillies sur son milieu ; cette deuxième phase de la fabrication consiste donc à éliminer ceux-ci. On obtiendra de ce fait une bille ronde, mais qui doit encore subir de nombreuses étapes pour être fonctionnelle et se conformer aux normes de dureté requises (duretés en surface et à cœur normées au niveau CIP et SAAMI).

Ainsi s'ensuivent la finition et le polissage des billes.

Cette opération s'avère indispensable afin de garantir la qualité et la précision de ces petites billes. Lors de cette étape de polissage, ces dernières sont soumises à un traitement thermique (recuit). Le recuit nécessite un four qui permet de chauffer les billes à +/- 800°C et les faire redescendre

lentement en température pour détendre le métal et obtenir la dureté requise. Cette étape est longue (plusieurs heures) et très énergivore (four à gaz et/ou électrique à arc).

Ensuite, les billes semi-achevées subiront une succession de processus de rodage par friction. Pour assurer une précision remarquable en ce qui concerne le diamètre de la grenaille les fabricants utilisent des machines munies d'un plateau en fonte doté d'un tour vertical, lequel est commandé numériquement. Après cette procédure, les petites boules en acier sont parfaitement rondes, polies et présentent un rayon minutieusement calculé.

La productivité de ses machines est très faible, et donc pour pouvoir assurer les besoins en volume, un parc machine très important est nécessaire (200 à 300 machines minimum pour sortir +/- 250/300 tonnes/mois !), nécessitant des investissements colossaux avec un amortissement très long du fait de la faible productivité.

Ces installations nécessiteraient un parc machine énorme (plusieurs milliers de machines) pour assurer la fourniture européenne. L'importance du parc machine imposerait des surfaces d'installation très élevées (plusieurs dizaines de milliers de m²) et donc d'investissements immobiliers que peu d'industriels pourront mettre en œuvre, du fait du très long retour sur investissement.

Compte tenu de la faible productivité, des moyens de fabrication nécessaires à un produit finalement à faible rentabilité, les chinois ont conquis pratiquement 90-95 % des parts de marché. De même les machines-outils sont quasi exclusivement chinoises augmentant encore plus notre dépendance à la Chine.

Actuellement il existe quelques petites unités de fabrication de billes d'acier en Allemagne mais leur cœur de métier est la fabrication de billes d'acier de haute précision et à valeur ajoutée plus élevée pour l'industrie des roulements à billes.

Il existe une autre méthode de fabrication de bille d'acier dite par atomisation.

L'atomisation du métal est une méthode permettant de transformer le métal en poudre en brisant le métal fondu en minuscules gouttelettes qui se solidifient en particules de poudre. Cela implique les principales étapes suivantes :

Fusion : La matière métallique première est fondue à l'aide d'un four à induction ou d'un four à arc électrique. Les métaux courants atomisés comprennent l'aluminium, le cuivre, le fer, le nickel, le titane, le cobalt, etc.

Atomisation : Le flux de métal fondu est divisé en fines gouttelettes en l'exposant à des jets d'eau, d'air ou de gaz inerte à grande vitesse. Différents milieux et forces d'atomisation sont utilisés pour contrôler la taille et la forme des particules.

Solidification : Les gouttelettes se solidifient rapidement en particules de poudre en refroidissant. La vitesse de refroidissement affecte la microstructure. Un refroidissement plus rapide donne des grains plus fins.

Collection : Les particules de poudre atomisées sont collectées pour le tamisage, le criblage, le recuit, le revêtement et d'autres processus secondaires avant utilisation.

Cette technique est extrêmement énergivore nécessite des installation très lourdes et très complexes en termes d'investissements et coûteuse au niveau opérationnel.

La qualité des billes n'est pas adéquate à l'utilisation pour la fabrication des projectiles pour armes, car la forme des billes n'est pas parfaite et très aléatoire et dépasse tous les critères de normes de dureté CIP ou SAAMI.

Les autres substituts :

Les autres substituts (Bismuth, Tungstène, cuivre étain) utilisent des matériaux très onéreux (entre 10 à 25 fois plus cher que le plomb ou l'acier).

Ces métaux sont utilisés sous forme de poudre qui est ensuite agglomérée par matriçage et forte pression à un liant (résine) pour obtenir une bille sphérique.

Comme beaucoup de métaux, le tungstène et le bismuth sont sourcés en Chine, et récemment la Chine a mis des embargos sur l'exportation de ces métaux pour les pays occidentaux car susceptibles d'être utilisés dans la fabrication de matériel militaire servant à l'effort de guerre en Ukraine.

Cette situation de dépendance géopolitique des alternatives au plomb met en péril l'ensemble de la filière de production de munitions.